

другие полезные ископаемые, находятся на рассматриваемой территории в пределах двух зон: Западно-Тагильской и Восточно-Тагильской. Последняя содержит на территории Северного и Среднего Урала крупнейшие месторождения скарново-магнетитовых руд, в том числе гигантские Высокогорское, Гороблагодатское, крупные медно-колчеданные месторождения Левихинской группы и др. К сожалению, эта зона перекрыта в Ханты-Мансийской части округа глубоким чехлом мезозойско-кайнозойских образований (до 100-4000 м). В западной части Восточно-Тагильской зоны железо- и меднорудные месторождения могут залегать под бурыми углями Северо-Сосьвинского бассейна, которые будут отрабатываться до глубины 300-600 м, и возможность встречи скарново-магнетитовых и медно-колчеданных залежей здесь не исключается.

Западно-Тагильская зона, являясь на дневной поверхности ханты-мансийской горной части непосредственным продолжением территории Свердловской области, включает там довольно крупные концентрации железорудных (скарново-магнетитовых) и медно-колчеданных руд. Главные запасы титан-магнетитовых с ванадием (бедных по железу – в среднем магнетита 17-18%) руд гигантского Качканарского месторождения с запасами более 11,3 млрд. т по своим технологическим свойствам соответствуют только двум металлургическим заводам на Урале, а десятки других предприятий такие руды не могут использовать. Поэтому вряд ли на территории Ханты-Мансийской горной части – Югры эти месторождения смогут использоваться в ближайшие 100 лет. Вместе с тем, здесь видимо достаточно (по проведенным на сегодня геологоразведочным работам) положительных перспектив на открытие крупных и мелких (возможно и суперкрупных) месторождений скарново-магнетитовых руд, которые во многом могут восполнить дефицит для предприятий Северного и Среднего Урала. Также это и касается возможно крупнейших в этой зоне медно-колчеданных месторождений уральского типа, примером чего может служить Западное рудное поле на Приполярном Урале, на котором в настоящее время ОАО УГСЭ завершает прогнозно-поисковые работы.

Как показывает кластерный анализ закономерностей размещения месторождений железных и медно-колчеданных руд, они формируются в одних и тех же минерогенических зонах совместно с нефтегазовыми месторождениями.

К сожалению, однако, мощный эрозионный срез в зоне ГУГРа (до 5 км) на рассматриваемой территории исключает выявление месторождений углеводородов. Здесь могут сохраниться только природные продукты возгонки и выгорания нефтегазоносных концентраций (мальты).

РУДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В НАФТИДАХ БАЗИТ-УЛЬТРАБАЗИТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ

Зубков В.С.

*Институт геохимии СО РАН, Иркутск, Россия
e-mail: zub@igc.irk.ru*

ORE MINERALIZATION IN NAPHTIDES OF BASITE-ULTRABASIC COMPLEXES

Zubkov V.S.

*Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia
e-mail: zub@igc.irk.ru*

The intrusive and effusive rocks of ultrabasic and basic compositions occurring in various geodynamic settings contain bitumen of different classes: either of endogenous or biogenic origin. The authors assume that endogenous bitumen is contaminated with organic substance. The reduced fluids are somehow responsible for formation of deposits and ore occurrences of EPG, Au, Cu, Hg and other elements.

Органические вещества различного агрегатного состояния относятся к нефтядам. Многие исследователи считают, что битумы в магматических породах образуются на минералах-катализаторах по реакции Фишера-Тропша ($n\text{CO} + (2n+1)\text{H}_2 \rightarrow \text{C}_n\text{H}_{2n+2} + \text{H}_2\text{O}$) [26] или в результате иных поликонденсационных процессов, например, $m\text{CH}_4 \rightarrow \text{ПАУ} + k\text{H}_2$ или $n\text{CO}_2 + m\text{CH}_4 \rightarrow \text{ПАУ} + k\text{H}_2\text{O}$ [12]. Другие полагают, что органическое вещество заимствуется из вмещающих осадочных пород, на что, по их мнению, указывает присутствие биомаркеров [16 и др.]. Иногда допускается, что тяжелые (высокомолекулярные) углеводороды (ТУВ) присутствуют в магматических расплавах в верхней мантии [8].

Согласно современным представлениям, дегазация Земли протекает в горячем (с образованием расплавов) и относительно холодном режимах [18, 14 и др.]. Мантийный флюид представлен двумя ветвями: неорганическими (CO_2 , CO , N_2 , H_2 и др.) и органическими газами и их производными. Часть органических газов в земной коре конденсируется с образованием жидких и твердых соединений. Углеводородные (УВ-) газы в условиях равновесия ниже фазового перехода графит-алмаз по геобаротерме представлены, согласно термодинамическим расчетам, высокомолекулярными соединениями [21, 11, 5]. Экспериментальные данные подтверждают возможность нахождения ТУВ в верхней мантии. Так, при ударном давлении на бензол (C_6H_6) до 492 кбар образуются полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) с молекулярной массой от 128 до 306 [24]. С различными металлами УВ-радикалы могут образовывать элементоорганические соединения (ЭОС) [18, 1]. Увеличение давления, по принципу Ле Шателье-Брауна, приводит в реакции $R_n M_{\text{газ}} = nR_{\text{газ}} + M_{\text{газ}}$ ($R_{\text{газ}}$ – УВ-радикал, M – металл) к смещению равновесия в сторону меньшего числа молей газообразных компонентов, то есть к синтезу ЭОС из продуктов распада [1]. ЭОС установлены на ряде объектов. В киновари рудопроявления Урал-1 отмечено соединение типа $\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{Hg}^+$ [22]. В составе битумоидов Дальнегорского рудного поля (Приморье) определены Fe-органическое соединение (производное ферроцена), Si-органическое соединение, $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{AsO}_2$ и др. [19]. Равновесный подъем ТУВ и ЭОС в зоне фазового перехода алмаз-графит сопровождается их разложением с образованием метана (CH_4) с его ближайшими гомологами или легких ЭОС, например, $(\text{CH}_3)\text{Hg}$, $(\text{CH}_3)\text{As}$ и др.

В случае метастабильного подъема по относительно холодной геобаротерме ТУВ [10] могут преодолеть, не разлагаясь, фазовый барьер алмаз-графит и после достижения критических температур конденсироваться с образованием нефти или УВ-жидкости, насыщенной металлами. Если подъем ТУВ в мантии происходит по горячей геобаротерме или с детонацией [9], то – за счет повышения температуры – вмещающие мантийные породы могут расплавиться с образованием магм. ТУВ и ЭОС в этих расплавах сохраняются в случае быстрого подъема при относительно низких температурах и повышенной щелочности, как, например, в кимберлитовых трубках [6].

Рудонафтидные месторождения могут быть расклассифицированы по агрегатному состоянию (рудогазовые, рудобитумные, рудографитовые) и ведущему рудному элементу или их ассоциации. Рассмотрим несколько примеров рудонафтидных магматических проявлений. В продуктах газовых флюидов вулкана Кудрявый (о. Итуруп, Курильские острова) установлены платино-хлор-фосфор-углеводородное комплексное соединение ($\text{PtCl}_2[\text{P}(\text{C}_4\text{H}_9)_3]_2$), селеноорганический хлор-комплекс ($\text{SeCl}_2(\text{C}_6\text{H}_5)_2$) и ренийорганический фосфор-хлор-комплекс ($\text{ReCl}[\text{P}(\text{CH}_3)_2(\text{C}_6\text{H}_5)_3]_4 (\text{N}_2)_2$) [3]. В неопротерозойских офиолитах Восточного Саяна в углеводородизированных зо-

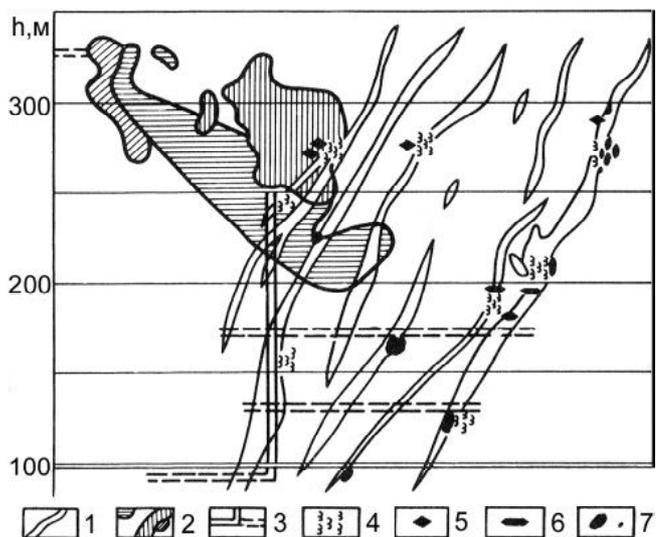


Рис. 1. Вертикальная зависимость распределения углеводородных веществ и минералов на месторождении Беркут. По А.В. Диденко [13].

1 – рудные тела в кварцевых диорит-порфиритах, 2 – рудные тела в песчаниках, 3 – горные выработки, 4 – мальты, 5 – парафины, 6 – кертизит, 7 – антраколиты.

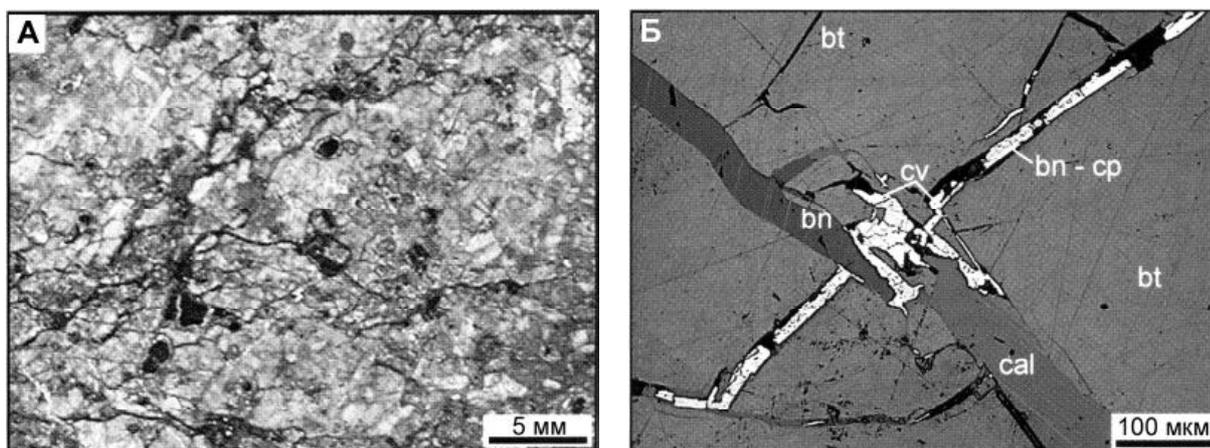


Рис. 2. А – базальтовый андезит с битумом в прожилках и миндалинах, Б – борнит (bn)-халькокопирит (cp)-ковеллиновые (cv) и кальцитовые (cal) прожилки в битумах (bt), Чили [25].

нах обнаружены зерна (10-30 мкм) минералов платиноидов – от самородного палладия ($Pd_{0.91}Pt_{0.09}$) до платинистого палладия ($Pd_{0.54}Pt_{0.45}$), рустенбургит (Pt_3Sn), атоцит (Pd_3Sn); самородное золото (до 0.05 мм) пробностью от 400 до 700 [4]. В этих зонах присутствуют кристаллики (до 0.п мм) алмаза [23]. Углеродистое вещество (УГВ) состоит из высокодисперстного графита и битумов ряда антраксолит-керит [2]. Предложено несколько гипотез происхождения углеродистого вещества. Ряд авторов считает, что оно образовалось в результате реакции Будуара ($2 CO = CO_2 + C$). В работе [7] обосновывается представление о том, что УГВ образовалось из остаточного высокомолекулярного восстановленного флюида, из которого в РТ-условиях мантии кристаллизовался алмаз. Битумы присутствуют на ртутных гидротермальных месторождениях Вышковского рудного поля в Закарпатской металлогенической зоне. На месторождении Беркут, по А.В. Диденко, рудные тела, содержащие углеродистые вещества, находятся в кварцевых диорит-порфиритах и песчаниках (рис. 1). Рудоотложение полиметаллической стадии происходило при 300-200°C, а ртутной стадии – при 240-60°C. Вместе с минералами ртутной стадии (кварцем, карбонатами, марказитом, киноварью, баритом и др.) последовательно отлагались антраксолит, нефти и мальты, парафины, асфальтит, кертизит, карпатит ($C_{24}H_{12}$). В измененных андезито-базальтах нередко встречаются пустоты, выполненные теми же углистыми веществами (цит., по [13]). В нижнемеловых базальтовых андезитах Чили, с которыми связаны небольшие стратифицированные месторождения меди, присутствуют битумы в миндалинах и прожилках (рис. 2). Считается, что битумы образовались из нефти, поступающей из мелководного бассейна. Биогенная природа этой нефти предполагается на основании присутствия в битумах биомаркеров (пристана, фитана и др.). Под воздействием гидротермальных растворов с высоким содержанием серы произошла ароматизация органических веществ с образованием дибензотиофенов, бензонафтотиофенов и динафтотиофенов [25]. Однако можно предположить, что эти битумы сформировались эндогенным путем по сценарию быстрого, метастабильного подъема расплавов, содержащих газообразные ТУВ. Возможно, что некоторые маркеры образуются и эндогенным путем, например, в мантийных ксенолитах ультрабазитов из щелочных базальтоидов присутствуют в небольших количествах пристан и фитан [26]. Давно известны битумы в девонских трахибазальтах Северо-Минусинской впадины Саяно-Минусинского континентального палеорифта. На участке Сохочул битумы (кериты, асфальтиты) заполняют поры в трахибазальтах, образуют выход вязкой мальты на их поверхности в виде «шляпы», приуроченной к 1.0-1.5-метровой зоне послынного тектонического дробления [20, 17, 15]. В асфальтенах мальты из битумной «шляпы» обнаружены относительно высокие концентрации (г/т) Pb – 2815, Ba – 2600, Cu – 279, Zn – 73, Sb – 13, As – 7, Ag – 1.1, Hg – 0,75. В минусинских битумах отмечаются значимые содержания Sc, Cr, Ni, Nb, Ta, Cd, Hf, Au, Hg, ЭПГ, то есть микроэлементов, которые либо нехарактерны для осадочных пород, либо фиксируются в них в значительно меньших количествах. Спектры РЗЭ в битумах и базальтах конформны и отличаются положительными европиевыми аномалиями, отсутствующими в осадочных породах и пластовых водах. На этом основании предполагается, что образова-

ние битумов связано с дегазацией кристаллизующихся основных магм, а мальта образовалась позднее и имеет более глубокие корни [15]. С другой стороны, близость УВ-состава нефти в базальтах и растворимого органического вещества нижнедевонских алевролитов склоняют к представлению о их генетическом единстве [17]. Можно предположить, что состав эндогенных битумов был изменен в результате контаминации органическим веществом.

Таким образом, в объяснении причин происхождения битумов в ультраосновных и основных породах конкурируют эндогенная и биогенная гипотезы. Критерием различия этих гипотез могут стать эндо- и биомаркеры. С битумами связаны рудопроявления и месторождения различных металлов (ЭПГ, Au, Cu, Hg и других).

ЛИТЕРАТУРА

1. Буслаева Е.Ю., Новгородова М.И. Элементоорганические соединения в проблеме миграции рудного вещества. М.: Наука, 1989. 152 с.
2. Данилова Ю.В., Данилов Б.С. Углеродсодержащая минерализация в тектонитах Оспинско-Китойского массива (Восточный Саян, Россия) // Геология рудн. месторождений. 2001. Т. 43. № 1. С. 71-82.
3. Дистлер В.В. и др. Платино-хлор-фосфор-углеводородные комплексы в вулканических флюидах – первая находка в земной обстановке // Докл. РАН. 2008. Т. 420. № 2. С. 217-220.
4. Жмодик С.М. и др. Углеродизация гипербазитов Восточного Саяна и золото-палладий-платиновая минерализация // Геология и геофизика. 2004. Т. 45. № 2. С. 228-243.
5. Зубков В.С. К вопросу о составе и формах нахождения флюида системы С-Н-N-O-S в PT-условиях верхней мантии // Геохимия. 2001. № 2. С. 131-145.
6. Зубков В.С. Постмагматическая гипотеза генезиса нефтидов в кимберлитовых трубках Сибирской платформы // Отечественная геология. 2006. № 6. С. 45-51.
7. Зубков В.С. // К вопросу о происхождении благородных металлов и алмаза в углеродизированных зонах в офиолитах Восточного Саяна // Система «Планета Земля 2 (нетрадиционные вопросы геологии) XIV и XV научные семинары 2006-2007 гг.: Геол. факультет МГУ. Материалы. М.: Изд-во ЛКИ, 2007. С. 69-81.
8. Зубков В.С. Гипотезы происхождения конденсированных нефтидов в магматических породах различных геодинамических обстановок // Отечественная геология. 2008. № 4. С. 3-11.
9. Карпов И.К. и др. // Детонация в мантийных потоках тяжелых углеводородов // Геология и геофизика. 1998. Т. 39. № 6. С. 754-762.
10. Карпов И.К. и др. Термодинамический критерий метастабильного состояния углеводородов в земной коре и верхней мантии // Геология и геофизика. 1998. Т. 39. № 11. С. 1518-1528.
11. Карпов И.К. Римейк термодинамической модели системы С-Н Э.Б. Чекалюка // Докл. РАН. 1998. Т. 358. № 2. С. 222-225.
12. Кулакова И.И. и др. Полициклические ароматические углеводороды в минералах-спутниках алмаза и возможный механизм их образования // Докл. АН СССР. 1982. Т. 267. № 6. С. 1458-1461.
13. Пеньков В.Ф. Генетическая минералогия углеродистых веществ. М.: Недра, 1996. 224 с.
14. Песков Е.Г. Геологические проявления холодной дегазации Земли. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2000. 279 с.
15. Писоцкий Б.И. и др. Генетические аспекты образования углеродистых веществ Минусинской впадины // Докл. РАН. 2006. Т. 410. № 6. С. 804-808.
16. Сафронов А.Ф. и др. Нефтидопроявления в кимберлитовых трубках и вмещающих породах Якутской алмазонасной провинции // Геология и геофизика. 2005. Т. 46. № 2. С. 151-159.
17. Серебренникова О.В. и др. Нефтиды в базальтах нижнего девона Северо-Минусинской впадины // Докл. РАН. 2003. Т. 390. № 4. С. 525-527.
18. Слободской Р.М. Элементоорганические соединения в магматических и рудообразующих процессах. Новосибирск: Наука, 1981. 134 с.
19. Томсон И.Н. и др. Условия образования эндогенных «черных сланцев» в Приморье // Геология рудн. месторождений. 1993. Т. 35. № 4. С. 344-351.
20. Федосеев Г.С. и др. Жильный пиробитум в долеритах кузьменского комплекса (Минусинский межгорный прогиб) // Геология и геофизика. 2001. Т. 42. № 7. С. 1110-1117.
21. Чекалюк Э.Б. Нефть верхней мантии Земли. Киев: Наукова думка, 1967. 256 с.
22. Шарбатян П.А. и др. Битумоиды и ртутьорганические соединения в рудопроявлениях киновари // Геология рудн. месторождений. 1975. Т. 17. № 3. С. 110-113.
23. Шестопалов М.Ф. Ультраосновной массив Китойских Альп Восточного Саяна и связанные с ним месторождения // Тр. Центр. науч.-исслед. лаборатории камней-самоцветов (Гострест «Русские самоцветы»). 1938. Вып. 4. С. 84-100.

24. *Mimura K., Kato M., Sugisaki R.* Shock synthesis of polycyclic aromatic hydrocarbons from benzene: Its role in astrophysical processes // *Geophys. Res. Lett.* 1994. V. 21. N 18. P. 2071-2074.

25. *Rieger A. et al.* Genesis and evolution of bitumen in Lower Cretaceous lavas and implications for stratabound copper deposits, North Chile // *Econ. Geology.* 2008. V. 103. P. 387-404.

26. *Sugisaki R., Mimura K.* Mantle hydrocarbons: Abiotic or biotic? // *Geochim. Cosmochim. Acta.* 1994. V. 58. N 11. P. 2527-2542.

МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ПЛАТИНОНОСНОГО ПОЯСА УРАЛА И ЕГО ПЛАТИНОВОМЕТАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Иванов К.С., Волченко Ю.А., Коротеев В.А.

Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург, Россия

e-mail: ivanovks@igg.uran.ru

THE MODEL OF THE URALS PLATINIFEROUS BELT AND IT'S PLATINUM DEPOSITS FORMATION

Ivanov K.S., Volchenko Yu.A., Koroteev V.A.

Institute of Geology and Geochemistry UB RAS, Ekaterinburg, Russia

e-mail: ivanovks@igg.uran.ru

Platiniferous Belt is composed with the products of crystallization of different depth melts that had been generating over the subduction zone of O_3 - S_1 age. The main part of the Belt's dunites, clinopyroxenites and olivine-anortite gabbro have been formed in the result of interaction of andesitoid melts, uplifted from the subduction zone, with ultrabasic rocks of the superposed «mantle wedge». The Belt's massif structural evolution occurred at decreasing temperatures and pressures. The dominating ones were the two processes: the rise of diapiro-like magmatic bodies into the upper crust zone and later sinistral faults. Widely displayed in the Belt metasomatism and water metamorphism of amphibolite and green-schist facies, development of mafite-ultramafite pegmatites were exposed by a fluid flow (primarily – oceanic waters) rising from the subduction zone in the result of dehydration of rocks during subduction. These fluids caused the migration and redistribution of PGE (up to deposit formation). Formation and transformation of the Uralian type chromite-platinum-metal ores took place within the frames of postmagmatic stage of their evolution; a new specified model of their formation is being suggested.

Платиноносный пояс Урала является одним из классических геологических объектов, он имеет островодужную природу [3, 4, 6, 7 и др.] и сложен продуктами кристаллизации разноглубинных выплавов, генерировавшихся над зоной субдукции позднеордовикско-раннесилурийского возраста. Этот вывод последовал из исследований, показавших, что ГУГР в раннем - среднем палеозое представлял собой зону субдукции с падающей на восток сейсмофокальной плоскостью, а главные вулканогенные зоны Урала есть реликты островных дуг и задуговых бассейнов [4 и др.]. Основная часть дунитов, клинопироксенитов и оливин-анортитовых габбро Пояса образовалась в результате взаимодействия андезитовидных расплавов, поднимавшихся от зоны субдукции, с ультраосновными породами вышележащего «мантийного клина». Структурная эволюция и рудообразование массивов Пояса проходили при падающих температурах и давлениях. Преобладающими являлись два процесса: 1) подъем диапироподобных остывающих магматических тел в зону верхней коры (при этом структуры пластических деформаций накладываются на магматические; характерны концентрические субизометричные мегаструктуры тел с крутопадающей линейностью) и 2) более поздние левосдвиговые деформации, формирующие линейно-вытянутые массивы с субгоризонтальной линейностью, происходившие, по-видимому, в ре-